МИРОСЛАВ ОЦОКОЉИЋ*

СУШНИ И ВОДНИ ПЕРИОДИ НА ДУНАВУ И ПРОГНОЗА ЊИХОВИХ ДАЉИХ КРЕТАЊА

Један од најважнијих физичко-географских и хидролошких проблема данашњицеје појава суше и поплава. Њихова учесталост и трајање је доминантно у односу на све друге елементарне непогоде, а штетно дејство које остављају је далеко највеће. У таквим ситуацијама, вишак воде је тешко евакуисати ако нису уређени сливови, а мањак воде је тешко надокнадити ако нису изграђене акумулације. И једна и друга појава захтевају детаљну хидролошку анализу, иако се може рећи да им није поклањана дужна пажња у досадашњим хидролошким проучавањима. Анализом цикличности отицања на Дунаву овим радом се донекле попуњава ова празнина, мада је основни проблем, што су хидролошки низови осматрања кратки, још увек се не располаже са низовима дужим од нпр.50, 100 и више година. На већини наших река ти периоди су од 30-35 година, ретко 40 или 50 година. Изузетак је Дунав, на којој су као великој и међународној реци основане хидролошке станице пре 50 или 100 година. Најдужа су на румунској хидролошкој станици Оршава, која је радила од 1840-1972. године. После 1972. године низ је допуњен подацима добијеним помоћу производње електричне енергије и мерењем преливних вода на брани у Кладову. Тако је формиран низ у трајању од једног ипо века, а подаци могу да се односе на Дунав од ушћа Велике Мораве до Ђердапа, јер се протицај мало мења на том делу реке, пошто не прима веће притоке.

Сушни и водни периоди

Анализом цикличности отицања, Дунав је имао за последњих 150 година више сушних и водних периода. Сваки од ових периода имао је своје трајање, честину и просечну вредност. Најпре су посматрана отицања по деценијама, којих је у обрађиваном периоду било 15. Поређењем њихових вредности са вишегодишњим просеком (5456 m^3/s), добијено је, да је најводнија деценија била 1910-1919, која је влажнија за 12,4% (6135 m^3/s), а најсушнија 1860-1869. са мањком отицања од 13% (4763 m^3/s), а онда 1870-1879 (5740 m^3/s). Друга деценија по водности је 1970-1979 (5779 m^3/s). Сушнији периоди су забележени још 1890-1899 (5122 m^3/s), 1900-1909 (5173 m^3/s) и 1950-1959 (5308 m^3/s). Већина осталих деценија имала је отицање веома приближно вишегодишњем, па се за Дунав може рећи да има веома стабилан режим са малим променама протицаја, што је узроковано, осим пространог слива, још и његовим мешовитим режимом. То уосталом потврђује и мали

* Др **Мирослав Оцокољић,** Географски институт "Јован Цвијић", САНУ, Београд.

коефицијенат варијације годишњих протицаја од Cv= 0,19 и стандардне девијације од 1037 m^3/s , таб.1.

Таб. 1.Средње месечни и годишњи протицаји Дунава (Ђердап) за период 1840-1989. са коефицијентом варијације и стандардном девијацијом.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год.
Qs	4608	4142	6458	7740	7617	6604	5529	4417	3923	3919	4668	4993	5456
Cv	0.37	0.31	0.28	0.30	0.30	0.28	0.28	0.30	0.35	0.39	0.38	0.36	0.19
δ	1705	1532	1808	2322	2285	1850	1548	1341	1373	1528	1774	1800	1037

Међутим, ако анализирамо отицање по циклусима (сваки циклус садржи један сушни и један влажни период, са отицањем блиским нормалној вредности), онда је њих било у обрађиваниом периоду IV, од којих се последњи завршава 1982.године. Редослед њиховог појављивања је следећи: I циклус је од 1853-1881 (трајао је 29 година) слабије је изражен, сушни период тог циклуса је знатно дуже трајао у односу на влажнији, док је II циклус веома правилно изражен и дужег трајања, око 45 година, а обухвата време од 1882-1926. године. Просек овог циклуса је 5323 m^3/s , који је од 150-то годишњег сушнији за 2%. III циклус (1927-1942) је веома кратког трајања (16 година), са прелазом из сушног у воднији период 1935. године. У њему су најводније године 1940, 1941 и 1942, после којих наступа сушни период као део последњег IV циклуса (1943-1982), који је трајао 40 година са прелазом из једне у другу карактеристигну водност 1964. године. Овај хидролошки циклус је воднији за 4% од нормалне вишегодишње вредности. После 1982. године наступио јеV хидролошки циклус, односно његов сушнији период, који и даље траје, па се предвиђа да ће се он задржати до краја овог и бити пренет у прву деценију наредног 21 века.

При издвајању циклуса коришћен је метод сумарних кривих модулних одступања од просечне вредности (Практическая гидрология, 1976).

Сушне и водне године

Дугогодишња осматрања на Дунаву у Ђердапу омогућила су, да се статистичком анализом класификују године по карактеристикама њихове водности. Тако су уз године средње водности, сушну и водну годину, уведени још појмови веома сушна, веома водна, катастрофално сушна и катастрофално водна.

Као критеријум за овакво рангирање година, усвојено је, да све године средње водности буду у границама јављања од 25-75%, сушне (маловодне) од 75.1-95%, веома сушне од 95,1-99% и катастрофално сушне од 99,1-99,9%. Градација влажних година ишла би сличним редом, тј. водна година била би означена у процентима појављивања од 25,0-5,1%, веома водна од 5,0-1,1% и катастрофално водна од 1,0-0,01%. Преведено на језик бројки, то значи да би средња водна година била са протицајем од 4751-6000 m^3/s , сушна од 4000-

4751 m^3/s, веома сушне од 3500-4001, а све године са средње годишњим протицајем мањим од 3500 m^3/s су катастрофално сушне. У растућем смислу, године које су са Qs од 6001-7000 m^3/s су водне, од 7001-8000 m^3/s веома водне и изнад 8000 m^3/s катастрофално водне. У оваквој градацији, могу се још увести и прелазне године, ако се њихови протицаји нађу на прелазу између једне у другу водност.

Примењујући ову класификацију на годишње протицаје Дунава у сектору ђердапске клисуре, добијена је статистика појављивања година по карактеристикама њихове водности (таб.2).

Таб.2.Број година по водности на Дунаву (Ђердап) у периоду 1840-1989. година.

катастрофално сушне	веома сушне	сушне	средње водне	водне	веома водне	катастрофално водне
1	5	29	74	30	10	1

Највећи број је средње водних година, укупно 74, или приближно 50% обрађених узорака (150), затим је сушних 29, водних 30, веома сушних је 5, а веома водних 10. По једна година је катастрофално водна и катастрофално сушна. Види се да је заступљена симетричност између сушних и водних (29:30). Разлика се једино појављује између веома сушних и веома водних година (5:10). Међутим, како су после 1989. године наступиле сушне године, очекује се, да ће и тај услов бити ускоро испуњен. Нпр. средње годишњи протицај Дунава у Кладову је 3778 m^3/s у 1990. години (веома сушна), 4836 m^3/s у 1991. (прелазна између средње у сушну годину) и 4684 m^3/s у 1992. години (сушна година).

Анализирајући податке о водности година, уочавамо да су се појавиле катастрофално сушна и катастрофално водна година на Дунаву. Катастрофално сушна је 1863. година, са Qs= 3340 m^3/s , а катастрофално водна је 1915. са Qs= 8050 m^3/s . Веома сушне су: 1866,1894,1921,1943,1949. Веома водне су: 1853, 1879, 1919, 1926, 1937, 1940, 1941, 1955, 1965, 1970.година. Нема неке правилне хронологије у појављивању веома сушних и веома водних година, па се за њих може рећи, да су то случајне појаве. Слична је ситуација и са сушним и водним годинама, само што је њихова честина појављивања знатно већа. И сушне и водне године се јављају у размаку од око 5 година, док се средње водне појављују у просеку сваке друге године, а веома сушне и веома водне сваке 15-20 године.

Ако упоредимо честину појављивања година у прошлом и овом веку, уочавамо донекле њихову синхронизованост, нпр. у прошлом веку је била катастрофално сушна, у овом катастрофално водна, веома сушне године су такође биле правилно распоређене, две у прошлом, три у овом столећу, док то не важи за веома водне године. Њихова појава је знатно већа у XX веку са 8 од могућих 10 случајева. И сушне и водне године имају правилан распоред, подједнак број појава у прошлом (15) и овом веку (15).

Хидролошка класификација година по водности има велики практични значај у решавању бројних водопривредних проблема, па је њу потребно практиковати при изучавању режима река. Она може бити путоказ у прогнозирању појављивања сушних и водних периода у једном дужем временском раздобљу, што је са аспекта коришћења вода веома значајно. Она би могла да буде примењивана и за друге реке сличног режима Дунаву.

Прогноза појављивања сушних и водних периода

Иако је незахвално давати све врсте прогноза о промени било којег природног елемента на Земљи, па и о промени карактеристика отицања, посебно ако се ради о дужим временским интервалима какве су управо цикличне појаве, ипак, у овом раду осврнућемо се и на овај проблем, користећи пре свега аналогије појављивања цикличних временских серија у предходним анализираним периодима. Известно је, да је период 1964-1982. био влажнији од предходног сушнијег за 18%. Следећи даљи ток кретања цикличних појава на Дунаву после 1982. године, када је завршен један влажнији период последњег IV циклуса, узимајући године и до 1992, могао би се очекивати један дужи сушнији период, који ће вероватно трајати до краја десете деценије овог и бити пренет у прву деценију наредног века, са средњим протицајем чија би вредност била нижа за 10-15% од предходног. Прогнозира се, да би просечни протицај наступајућег сушнијег периода V-ог хидролошког циклуса био око 5000 m^3/s са дужином трајања од око 20 година. У њему би, као и у свим предходним циклусима била могућа појава једног влажнијег микроциклуса са 2-3 влажне или веома влажне године. Следећи сушнији период V-ог циклуса имао би знатно више сушних него влажних година. Нису искључене и веома сушне године са средње годишњим протицајем мањим од 4000 m^3/s, јер је последња таква била 1949, док је последња сушна била 1983. са Qs мањим од 4750 m^3/s . Последња веома водна је 1970, а водна 1981.

Што се пак тиче максималних и минималних вода, строго узев, законитост њиховог пјаваљивања није везана за цикличне појаве, већ су то случајни процеси. Протицаји изнад 10.000 m^3/s су веома чести на Дунаву. Последња година са Qmax 14.800 m^3/s је била 1981, затим 1942 (14.700 m^3/s), па тек онда 1970 (14.300 m^3/s). Једина хронологија у погледу цикличности влажних периода јесте, што се према подацима за последњих 80 година, максималне воде изнад 10.000 m^3/s увек јављају сваке 7-ме године. Следећи овај континуитет, наредни слични максимум могао би да се очекује у 1995. и 2002. години.

Закључак

Обрадом дугогодишњих низова осматрања на Дунаву у сектору Ђердапске клисуре, проучени су сушни и водни периоди, анализом годишњих, максималних и минималних вода. Прво су упоређени десетогодишњи низови 150-годишњег периода, па је утврђено, да је најсушнија деценија била 1860-1869, а највлажнија 1910-1919. годинa. За исте периоде везане су по средње годишњем протицају најсувља 1863. и највлажнија 1915. година. У оквиру истога низа, издвојена су четири циклуса: I циклус од 1853-1881. са трајањем од 29 година, II циклус од 1882-1926 (n=45), III циклус од 1927-1942 (n=16) и IV циклус од 1943-1982 (n=40). После 1982. године наступио је један сушнији период V хидролошког циклуса који и даље траје, са прогнозом да ће се задржати до краја овог и почетком наредног века. На основу анализе средње годишњих протицаја, све године на Дунаву су рангиране по карактеристикама њихове водности, па је у вези тога извршена њихова класификација. У проучаваном периоду појавиле су се катастрофално сушна и катастрофално водна година, веома сушних је било 5, сушних 29, година средње водности је 74, водних година је 30, и веома водних 10 година. Како постоји синхронизација у погледу појављених сушних и водних година (29:30), очекује се, да ће у истом смислу бити изједначен однос веома сушних и веома водних година (5:10), односно, да ће у наредном периоду бити више веома сушних година са средње годишњим протицајем мањим од 4000 m^3/s.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидрологическая монография водосборного бассейна Дуная. Том I. Водохозяственны́ институт имени "Яарослав Черни", Союзни гидрометеорологигеский институт, Белград, 1978.
2. Гидрологическиј справочник реки Дунай 1921-1960. Дунајская комиссия, Будапест, 1965.
3. Годишњи прегледи протицаја Дунава у Кладову за период 1972-1992. (изворни подаци). Хидроелектрана "Ђердап", Кладово, 1993.
4. Discharges of selected rivers of the world - studes and reportes in hydrology. UNESCO, Paris, 1974.
5. Карактеристичне воде, учесталост и трајање протицаја на изабраним станицама у Србији за период 1926-1965. РХМЗ (елаборат), Београд, 1989.
6. Лучшева А.А.: **Практическая гидрология**. Гидрометеоиздат, Ленинград, 1976.
7. Оцокољић М.: **Варијације протицаја на рекама у Југославији**, Гласник Српског географског друштва, св. LXXI/1, Београд, 1991.
8. Хидролошки и метеоролошки годишњаци за период 1951-1985. СХМЗ, Београд.